

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 55 801 A 1

51 Int. Cl. 7:  
H 01 S 3/08

21 Aktenzeichen: 198 55 801.5  
22 Anmeldetag: 3. 12. 1998  
43 Offenlegungstag: 15. 6. 2000

71 Anmelder:  
Firma Astrid Schastak, 04509 Zschortau, DE

72 Erfinder:  
Schastak, Stanislaw I., Dr.rer.nat., 04509 Zschortau, DE; Gulevič, Evgenij V., Minsk, BY; Wiedemann, Peter, Prof. Dr.med., 04229 Leipzig, DE; Sagov, Aleksander A., Minsk, BY; Kondratjuk, Nikolaj V., Dr.rer.nat., Minsk, BY

56 Entgegenhaltungen:  
DE 196 31 353 A1  
DE 196 09 166 A1  
US 52 30 004  
EP 02 47 823 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Breitstrahl-Oszillator-Verstärker-Anordnung

57 Es wird eine neue Oszillator-Verstärker-Anordnung mit Rückkopplung der aus dem Oszillator austretender Welle beschrieben. Die Rückkopplung geschieht vorzugsweise mittels einer optischen Anordnung mit der Phasenkongruenz der Wellenfront. Die vom phasenkongruierenden Spiegel reflektierte Strahlung gelangt in das aktive Medium, das vom Oszillator und dem Verstärker gleichfalls benutzt wird.

Dabei wird die Inversion im aktiven Medium durch die rückgekoppelte Laserwelle stark abgebaut und die vorhandenen Phasenverschiebungen gleichzeitig kompensiert, so daß am Ausgang des Verstärkers ns-Laserimpulse mit einer rechteckähnlichen räumlichen Intensitätsverteilung zur Verfügung stehen.

Die Erfindung kann demgemäß in der Laserindustrie bei der Entwicklung und der Produktion von gütegeschalteten Hochleistungslaserimpulsen mit kleiner Strahldivergenz, homogener Intensitätsverteilung über den Strahlquerschnitt und einem rechteckähnlichen räumlichen Intensitätsprofil angewendet werden.

Sie kann insbesondere bei der zugfreien Entfernung von vitreoretinalen Membranen (Laserskalpell) sowie bei der photorefraktiven Keratektomie (PRK) ihre Verwendung in der Ophthalmologie finden.

DE 198 55 801 A 1

BEST AVAILABLE COPY DE 198 55 801 A 1

## Beschreibung

## Einleitung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine neue Oszillator-Verstärker-Anordnung, in der das gleiche aktive Medium vom Oszillator und dem Verstärker benutzt wird. Die Erfindung kann demgemäß in der Laserindustrie sowie in der Lasermedizin bei der Entwicklung und der Produktion von hochrepetierenden, gütegeschalteten Hochleistungslasern mit kleiner Strahldivergenz, homogener Intensitätsverteilung über den Strahlquerschnitt und einem rechteckähnlichen räumlichen Intensitätsprofil angewendet werden.

## Stand der Technik

Bekannt sind gütegeschaltete Festkörper-Laseranordnungen zur Erzeugung von leistungsstarken ns-Impulsen (Solid State Laser Engineering by W. Kocchner, 4<sup>th</sup> edition), die einen stabilen Resonator enthalten, der von zwei Spiegeln gebildet wird, wobei einer der Spiegel ein "hohler Spiegel" mit einem hohen Reflexionskoeffizienten und der andere Spiegel ein Ausgangsspiegel mit einem niedrigen Reflexionskoeffizienten ist. Innerhalb des Resonators befinden sich folgende Elemente:

- aktives Medium in der Form eines zylindrischen Stabes und das optische Puppsystem,
- ein Polarisator mit mehrfacher dielektrischer Beschichtung, der einen sehr hohen Transmissionskoeffizienten für die Strahlung mit der p-Polarisation und einen sehr hohen Reflexionskoeffizienten für die s-polarisierte Strahlung besitzt und unter dem Brewster-Winkel zwischen dem 100%-Spiegel und dem Laserstab platziert ist,
- ein elektrooptischer Kristall, der zwischen dem 100%-Spiegel und dem Polarisator platziert ist.

Es ist bekannt, daß die Modenstruktur bei solchen Lasern sowohl von der Resonatorgeometrie als auch von der Aperturparameter des Resonators abhängen und durch folgende Formel beschrieben werden:

$$N = \emptyset^2 / 4\lambda L, \text{ wobei}$$

$\emptyset$  - den Durchmesser der kleinsten im Resonator wirkenden Blende,

$\lambda$  - die Laserwellenlänge,

$L$  - die Resonatorlänge bedeuten.

Es ist bekannt, daß Festkörperlaser (z. B. Nd : YAG) mit den stabilen Resonatoren ( $N = 20$ ) im gütegeschalteten Betrieb die Impulse mit folgenden Parametern:

- Impulsbreite ca. 8-15 ns,
- Inhomogene Intensitätsverteilung über dem Querschnitt,
- Starke Divergenz,
- Hoher Gesamtwirkungsgrad bezüglich der Speiseleistung

generieren.

Es ist bekannt, daß bei einer starken Diafragmierung des Laserstrahls ( $N \leq 1$ ) nur das TEM<sub>00</sub> mit folgenden Parametern:

- kleines Modenvolumen im aktiven Medium,
- kleine Divergenz,
- niedriger Gesamtwirkungsgrad

generiert wird.

Es ist bekannt, daß die Effektivität des TEM<sub>00</sub>-Betriebes durch den Einsatz von stabilen konkav-konvexen Resonatoren (Chesler and Maydan J. Appl. Phys., v. 43, p. 2254, 1972) erhöht werden kann. Diese werden von zwei sphärischen Spiegeln gebildet, wobei der 100%-Spiegel den Krümmungsradius  $r_1 < 0$  und der Auskoppelspiegel den Krümmungsradius  $r_2 > 0$  hat. Solche Resonatoren genügen folgenden Bedingungen:

$$(\omega_2/\omega_1)^2 = g_1/g_2 > 1, \quad g_1 g_2 \approx 0,5,$$

wobei

$\omega_2$  - den Durchmesser der TEM<sub>00</sub>-Mode auf dem Auskoppelspiegel,

$\omega_1$  - den Durchmesser der TEM<sub>00</sub>-Mode auf dem Hohlspiegel bedeuten,

und die Gleichungen

$$g_1 = 1 - L_2/f_a - L_0/r_1$$

$$g_2 = 1 - L_1/f_a - L_0/r_2$$

$$L_0 = L_1 + L_2 - L_1 L_2 / f_a$$

erfüllt sind.

Dabei bedeuten:

$f_a$  - die Brennweite der thermischen Linse im aktiven Element,

$L_1$  - die Entfernung vom 100%-Spiegel bis zur thermischen Linse,

$L_2$  - die Entfernung vom Auskoppelspiegel bis zur thermischen Linse.

Es ist bekannt, daß bei einem idealen Laser der Gaussbündel-Anfang mit den Parametern:

- der Bündelradius  $\omega = \omega_2$ ,

- der Krümmungsradius der Phasenfront  $R = r_2$  und

- die Divergenz  $\theta = 2\sqrt{(\theta_d^2 + \theta_g^2)}$

an der sphärischen Fläche des Auskoppelspiegels liegt, wobei

$\theta_d = \lambda/\omega/\pi$  - die Beugungskomponente der Divergenz und  $\theta_g = \omega/\pi/|R|$  - die geometrische Komponente der Divergenz bedeuten.

Es ist bekannt, daß die geometrische Komponente gleich Null gemacht werden kann indem man hinter dem Auskoppelspiegel eine dünne Linse mit der Brennweite  $f = R$  platziert. Diese so genannten quadratischen Phasenkorrektoren wandeln eine sphärische Phasenfront (Wellenfront) in eine ebene Wellenfront.

Es sind auch Festkörper-Laseranordnungen mit den phasenkonjugierenden Spiegeln bekannt, die einen Oszillator und mehrere Verstärkerstufen enthalten. Im Oszillator werden leistungsschwache Impulse der Signalstrahlung mit geforderten räumlichen Parametern erzeugt, deren Leistung dann in der Verstärkerkette bis zum notwendigen Niveau erhöht wird (S.I. Schastak: "Ausnutzung nichtlinearer optischer Effekte zur Verbesserung der Homogenität der räumlichen Intensitätsverteilung von Hochleistungslaserimpulsen und deren Anwendung bei der Laserausheilung", Dissertation zur Promotion A, FSU-Jena, 1985; Prospekt INFINTY-Laser der Firma COHERENT).

Die Effektivität des Abbaus der im Verstärker gespeicherten Energie hängt dabei von der Leistungsdichte der einfal-

lenden Strahlung ab und ist mittels folgender Formel:

$$F_{\text{aus}} = F_s \ln \{ 1 + [\exp (F_{\text{ein}}/F_s) - 1] G_0 \}$$

zu beschreiben, wobei

$F_{\text{ein}}$  – die Energiedichte am Verstärkereingang  
 $F_{\text{aus}}$  – die Energiedichte am Verstärkerausgang  
 $F_s$  – die Sättigungsenergiedichte des Verstärkers,  
 $G_0 = \exp (g_0 l_a)$  – die Kleinsignalverstärkung und  
 $l_a$  – die Länge des aktiven Mediums

bedeuten.

Wie aus der Literatur (J. Miller at al. EP 0247823A2, 02.12.1987) und (P. Nicholson US5230004, 07.20.1993) folgt, sind die Festkörper-Laser am effektivsten und am kompaktesten, die ein und denselben isotropen Kristall als aktives Medium für die Erzeugung der Signalstrahlung und auch für ihre Verstärkung in einem Durchgang benutzen.

Zum größten Nachteil der o. g. Anordnungen gehört die niedrige Effektivität des Abbaus der im aktiven Oszillator/Verstärker-Medium gespeicherten Energie durch leistungsschwache Impulse der Signalstrahlung, die im Kleinapertur-Oszillator erzeugt werden.

#### Aufgabe der Erfindung

Die Ziele der vorliegenden Arbeit waren:

- eine Erhöhung der Effektivität des Abbaus der im aktiven Medium gespeicherten Energie und somit auch die Erhöhung des Wirkungsgrades einer Oszillator-Verstärker-Anordnung,
- eine zusätzliche Verkürzung der Impulsbreite und dadurch eine Erhöhung seiner Intensität,
- Erzeugung von Laserimpulsen mit kleiner Divergenz und homogener Intensitätsverteilung über den Strahlquerschnitt,
- Erzeugung von leistungsstarken Laserimpulsen mit einem rechteckähnlichen räumlichen Intensitätsprofil.

#### Offenbarung der Erfindung

Die Lösung der oben gestellten Aufgaben geschieht dadurch, daß in der erfindungsgemäßen Laseranordnung in der der Oszillator und der Verstärker ein dasselbe aktive Medium nutzen, ein stabiler Konkav-Konvex-Resonator mit einem quadratischen Phasenkorrektor eingesetzt wird. Der Resonator wird durch hohlen 100%-Spiegel mit einem Krümmungsradius  $r_1 < 0$  und eine plan-konvexe Linse mit der Brennweite  $f$  gebildet. Die sphärische Fläche der Linse ist entspiegelt, die Planfläche aber eine schwachreflektierende dielektrische Beschichtung aufweist, so daß die Linse einem konkaven Spiegel mit dem Krümmungsradius  $r_2 = f > 0$  äquivalent ist und folgenden Beziehungen erfüllt sind:

$$g_1/g_2 \geq 2,5; 0,9 < g_1 g_2 < 1; L_2/L_1 \geq 2;$$

$$g_1 = 1 - (L_2 + l_a/2n_a)/f_a - L_0/r_1; g_2 = 1 - (L_1 + l_a/2n_a)/f_a - L_0/r_2$$

$$L_0 = L_1 + L_2 + l_a/n_a - (L_1 + l_a/2n_a)(L_2 + l_a/2n_a)/f_a.$$

Dabei bedeuten:

$L_1$  – der Abstand zwischen dem "hohlen" Spiegel und dem aktiven Element,  
 $L_2$  – der Abstand zwischen dem Auskoppelspiegel und dem aktiven Element,  
 $l_a$  – die Länge des aktiven Elementes,

$f_a$  – die Brennweite der im aktiven Element induzierten thermischen Linse,  
 $n_a$  – der Brechungsindex des aktiven Mediums.

- 5 Innerhalb des Resonators zwischen dem Laserstab und dem Güteschalter ist ein polarisationsabhängiger Strahlteiler plaziert, so daß das Licht mit der p-Polarisation eine sehr hohe Transmission und das Licht mit der s-Polarisation eine sehr hohe Reflexion bei jedem Durchgang des Resonators erfahren.

10 Hinter dem Ausgangsspiegel befindet sich eine optische Anordnung zur Rotation der Polarisationssebene um  $90^\circ$ , die aus einer  $\lambda/4$ -Platte, einer Sammellinse, einer Phasenplatte und einem phasenkonjugierenden Spiegel besteht, so daß der ausgekoppelte Laserstrahl nach dem passieren dieser Elemente in Vor- und Rückwärtsrichtung wieder in das aktive Element gelangt und dort verstärkt wird. Da die verstärkte Strahlung in der s-Ebene polarisiert ist, wird sie an dem polarisationsabhängigem Strahlteiler ausgekoppelt.

20 Andere Elemente, Besonderheiten bzw. Vorteile der vorliegenden Erfindung, die Konstruktion und der Wirkungsprinzip sind der Zeichnung zu entnehmen (Abb. 1).

#### Ausführungsbeispiele der Erfindung

##### Beispiel 1

Der kombinierte Laser-Verstärker (Abb. 1) besteht aus einem Resonator, der durch hohlen Spiegel 2 mit einem Krümmungsradius  $r_1 < 0$  und eine plan-konvexe Linse 3 mit der Brennweite  $f$  gebildet wird, in dem ein isotropes aktives Element 1 (Laserstab) in der Form eines Zylinders mit entspiegelten Endflächen sich befindet. Der konvexe Spiegel 2 weist eine hochreflektierende (100%) dielektrische Beschichtung auf. Der Auskoppelspiegel 3 stellt eine plan-konvexe dünne Linse dar, deren konvexe Fläche entspiegelt ist und die plane Fläche eine dielektrische Schicht aufweist, die einen niedrigen (10 bis 15%) Reflexionskoeffizienten hat. Am anderen Ende des Laserstabes 1 ist ein polarisationsabhängiger Strahlteiler 5 plaziert, der einen hohen Transmissionskoeffizienten für die p-Komponente und einen hohen Reflexionskoeffizienten für die s-Komponente des linear polarisierten aufweist. Zwischen dem Spiegel 2 und dem Strahlteiler 4 ist ein elektrooptischer Güteschalter 7 plaziert. Hinter dem Auskoppelspiegel 3 befinden sich eine  $\lambda/4$ -Platte 6 mit entspiegelten Oberflächen und eine Phasenplatte 7, die eine in der Flußsäure geätzte Quarzplatte darstellt. Mit Hilfe der Sammellinse 8 wird der Laserstrahl in den phasenkonjugierenden Spiegel 9 (eine Küvette mit dem SBS-aktiven Medium) fokussiert.

Das Funktionsprinzip des Lasers ist wie folgt zu beschreiben. Zuerst bleibt der Güteschalter geschlossen und die Lichtenergie der Blitzlampen führt zur Erzeugung von Inversion im Laserstab. Zu dem Zeitpunkt, wo die Inversion ihr maximales Wert erreicht, wird der Güteschalter geöffnet und im Resonator entsteht eine Signalwelle, deren Strahlung in der p-Ebene polarisiert ist. Dabei wird der größte Teil der Lichtstrahlung durch den Spiegel 3 ausgekoppelt. Beim Passieren der  $\lambda/4$ -Platte 6 wird die Strahlung zirkular polarisiert, danach erfährt sie eine zusätzliche Verzerrung der Wellenfront in der Platte 6 und wird mittels der Sammellinse 8 in die SBS-Küvette 9 fokussiert. Diese stellt einen phasenkonjugierenden Spiegel (PK-Spiegel) dar, in dem nach der Reflexion der Laserwelle eine Stokes-Welle ausgebildet wird, deren Wellenfront konjugiert komplex zur Wellenfront der Laserwelle ist. Diese Stokes-Welle breitet sich in Rückwärtsrichtung auf dem gleichen Wege wie die einfallende Laserwelle aus. Dabei passiert sie die Elemente 8, 7, 6, 3

und 1 und kompensiert dort die Phasenverzerrungen der Wellenfront, die die Laserwelle bei ihrer Ausbreitung in die Hinrichtung in den optischen Medien erfahren hatte. Da die Frequenz-Verschiebung der Stokes-Welle ( $\Delta\nu = 0,1 \text{ cm}^{-1}$ ) klein gegenüber der Laserwelle ist wird die sie im Lasermedium optimal verstärkt. Da sie aber die s-Polarisation hat, wird sie am polarisationsabhängigen Strahlteiler 5 ausgekoppelt.

Die Effektivität des Energieabbaus im Lasermedium 1 hängt von der Intensität der am Eingang des Verstärkers einfallenden Laserwelle ab. Dank der Resonator-Anordnung mit einem schwach reflektierenden Auskoppelspiegel 3, werden die am Eingang des Verstärkers eintreffenden Lichtimpulse intensiv genug, um die Inversion in einem Durchgang effektiv abzubauen.

#### Beispiel 2

Der Laser (Abb. 2) besteht aus einem Resonator, der von Spiegeln 2 und 3 gebildet wird, in dem näher zum Auskoppelspiegel 3 ein isotropes aktives Element 1 (Laserstab) in der Form eines Zylinders mit entspiegelten Endflächen platziert ist. Der konvexe Spiegel 2 weist eine hochreflektierende dielektrische Beschichtung auf. Der Auskoppelspiegel 3 stellt eine plan-konvexe dünne Linse dar, deren konvexe Fläche entspiegelt ist und die plane Fläche eine dielektrische Schicht aufweist, die einen niedrigen Reflexionskoeffizienten hat (10 bis 15% für den Nd:YAG-Laser mit einem aktiven Element von 100 mm Länge und mit einem Durchmesser von 6,3 mm). In der Nähe des Auskoppelspiegels 3 ist eine Aperturblende 4 platziert, deren Öffnung einen Durchmesser  $\varnothing \geq 2/3$  des Durchmessers des Laserstabes 1 aufweist. Zwischen der Blende 4 und dem Laserstab 1 ist unter dem Brewster-Winkel ein Polarisator 5 platziert, der einen hohen Transmissionskoeffizienten für die p-Komponente und einen hohen Reflexionskoeffizienten für die s-Komponente der Polarisation besitzt. Am anderen Ende des Laserstabes 1 ist unter dem Brewster-Winkel ein anderer Polarisator 6 platziert, der einen hohen Transmissionskoeffizienten für die p-Komponente und einen hohen Reflexionskoeffizienten für die s-Komponente der Polarisation besitzt. Zwischen dem Spiegel 2 und dem Polarisator 6 ist auch ein elektrooptischer Güteschalter 7 platziert. Hinter dem Auskoppelspiegel 3 befindet sich eine  $\lambda/2$ -Platte 8 mit entspiegelten Oberflächen. Die Umlenkspiegel 9 und 10 stellen eine optische Anordnung dar, die einen schwach divergierenden und in der s-Ebene polarisierten Laserstrahl auf den Polarisator 5 unter dem Brewster-Winkel ausrichtet. Nach der Reflexion am Polarisator 5 gelangt der Laserstrahl in den Laserstab 1, wo er verstärkt und danach mittels Polarisator 6 ausgekoppelt wird.

Das Funktionsprinzip des Lasers ist wie folgt zu beschreiben. Zuerst bleibt der Güteschalter geschlossen und die Lichtenergie der Blitzlampen führt zur Erzeugung von Inversion im Laserstab. Zu dem Zeitpunkt, wo die Inversion ihr maximales Wert erreicht, wird der Güteschalter geöffnet und im Resonator entsteht eine Signalwelle, deren Strahlung in der p-Ebene polarisiert ist. Dabei wird der größte Teil der Lichtstrahlung durch den Spiegel 3 ausgekoppelt. Beim Passieren der  $\lambda/2$ -Platte 8 dreht sich die Polarisationssebene der durchgehenden Strahlung um  $90^\circ$ , so daß sie in der s-Ebene polarisiert am Umlenkspiegel 9 eintrifft. Nach der Reflexion an den Umlenkspiegeln 9, 10 und dem Polarisator 5 gelangt die Strahlung wieder in den Laserstab 1, wo sie in einem Durchgang verstärkt und mittels Polarisator 6 ausgekoppelt wird. Somit laufen die Prozesse der Strahlungserzeugung sowie der Strahlungsverstärkung in ein und demselben aktiven Medium 1 ab.

Die Effektivität des Energieabbaus im Lasermedium 1 hängt von der Intensität der am Eingang des Verstärkers einfallenden Laserimpulse ab. Dank der Resonator-Anordnung mit einem schwach reflektierenden Auskoppelspiegel 3, werden die am Eingang des Verstärkers eintreffenden Lichtimpulse intensiv genug, um die Inversion in einem Durchgang effektiv abzubauen.

Die Modenstruktur der Laserstrahlung hängt von den Eigenschaften des teleskopischen Resonators ab. In unserem Fall beginnt der Laserprozess zuerst im axialen Bereich des Laserstabes, da hier die Beugungsverluste am kleinsten sind. Dank der Divergenz und der Verstärkung der Strahlung im Lasermedium vergrößert sich der Durchmesser dieses Bereichs, so daß die Signalwelle nach mehreren Durchgängen praktisch die gesamte Apertur des Laserstabes ausfüllt. Da die Intensität der Lichtwelle im axialen Bereich des Laserstabes viel höher ist als an seiner Peripherie, kommt es hier eher zur Sättigung der Verstärkung. Räumlich gesehen wird dabei die Spitze des Impulses weniger und seine Flügel mehr verstärkt, so daß die Flügel nachgezogen werden und eine rechteckähnliche räumliche Intensitätsverteilung zustande kommt. Außerdem kann in der erfindungsgemäßen Anordnung eine Verkürzung der Impulsdauer des Riesenimpulses um Faktor 70 erzielt werden.

#### Patentansprüche

1. Breitstrahl Oszillator-Verstärker-Anordnung mit dem gleichen Lasermedium nach Abb. 1, bestehend aus:

a) einem stabilen teleskopischen Resonator mit einem quadratischen Phasenkorrektor. Der teleskopische Resonator besteht aus einem 100%-reflektierenden Konkav-Spiegel 2 mit dem Krümmungsradius  $r_1 < 0$  und einer plan-konvexen Linse 3 mit der Brennweite  $f$ , deren sphärische Fläche entspiegelt ist und die Planfläche eine schwachreflektierende dielektrische Beschichtung aufweist, wobei sie einem konkaven Spiegel mit dem Krümmungsradius  $r_2 = f > 0$  äquivalent ist. Die Resonatorlänge und die Krümmungsradien beider Spiegel sind dabei so gewählt, daß folgenden Beziehungen erfüllt werden:

$$g_1/g_2 \geq 2,5; 0,9 < g_1 g_2 < 1; L_2/L_1 \geq 2; \\ g_1 = 1 - (L_2 + 1_a/2n_a)/f_a - L_0/r_1; g_2 = 1 - (L_1 + 1_a/2n_a)/f_a - L_0/r_2; \\ L_0 = L_1 + L_2 + 1_a/n_a - (L_1 + 1_a/2n_a)(L_2 + 1_a/2n_a)/f_a.$$

Dabei bedeuten:

$L_1$  – der Abstand zwischen dem 100%-Spiegel und dem aktiven Element,  
 $L_2$  – der Abstand zwischen dem Auskoppelspiegel und dem aktiven Element,  
 $1_a$  – die Länge des aktiven Elementes,  
 $f_a$  – die Brennweite der im aktiven Element induzierten thermischen Linse,  
 $n_a$  – der Brechungsindex des aktiven Mediums.

b) einem polarisationsabhängigen Strahlteiler 5, der innerhalb des Resonators zwischen dem Laserstab 1 und dem Güteschalter 4 platziert ist, so daß er einen sehr hohen Transmissionskoeffizienten für das Licht mit der p-Polarisation und einen sehr hohen Reflexionskoeffizienten für das Licht mit der s-Polarisation aufweist.

c) einer optischen Anordnung zur Rotation der

Polarisationsebene um  $90^\circ$ , die sich hinter dem Ausgangsspiegel befindet und aus einer  $\lambda/4$ -Platte 6, einer Phasenplatte 7, einer Sammellinse 8 und aus einer Küvette 9 mit dem SBS-Medium besteht.

2. Breitstrahl Oszillator-Verstärker-Anordnung nach Abb. 2, bestehend aus:

- a) einem stabilen teleskopischen Resonator mit einem quadratischen Phasenkorrektor. Der teleskopische Konkav-Konvex-Resonator besteht aus zwei Spiegeln 2 und 3, wobei der Konkav-Spiegel 2 einen Krümmungsradius  $r_1 < 0$  hat und 100%-reflektierend ist und der Auskoppelspiegel 3 eine plan-konvexe Linse mit der Brennweite  $f$  darstellt, deren sphärische Fläche entspiegelt ist und die Planfläche eine schwachreflektierende dielektrische Beschichtung aufweist, wobei sie einem konkaven Spiegel mit dem Krümmungsradius  $r_2 = f > 0$  äquivalent ist.
- b) einer Aperturblende mit dem Durchmesser  $\varnothing \geq 2/3$ , die innerhalb des Resonators in der Nähe des Auskoppelspiegels plaziert wird und für die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$10 \leq \varnothing^2/4\lambda L \leq 15,$$

wobei

$L = L_1 + L_2 + l_a n$  – die optische Länge des Resonators,

$\lambda$  – die Laserwellenlänge bedeuten.

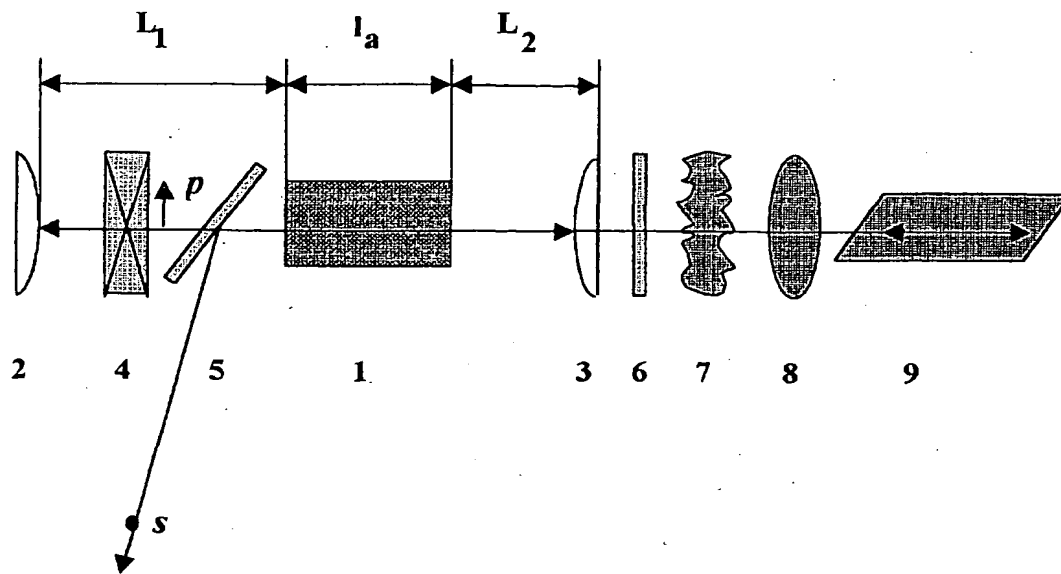
- c) zwei gleichen polarisationsabhängigen Strahlteiler 5 und 10, die innerhalb des Resonators zu beiden Seiten des aktiven Elementes unter dem Brewster-Winkel plaziert sind und einen sehr hohen Transmissionskoeffizienten für das Licht mit der p-Polarisation und einen sehr hohen Reflexionskoeffizienten für das Licht mit der s-Polarisation besitzen.

- d) einer optischen Anordnung zur Rotation der Polarisationsebene um  $90^\circ$ , die sich hinter dem Ausgangsspiegel befindet und eine  $\lambda/2$ -Platte 6 und zwei Umlenkspiegel 12 und 13 besitzt, so daß der ausgekoppelte Laserstrahl nach dem Passieren dieser Elemente mittels einer Reflexion am Polarisator wieder in das aktive Element eingekoppelt wird.

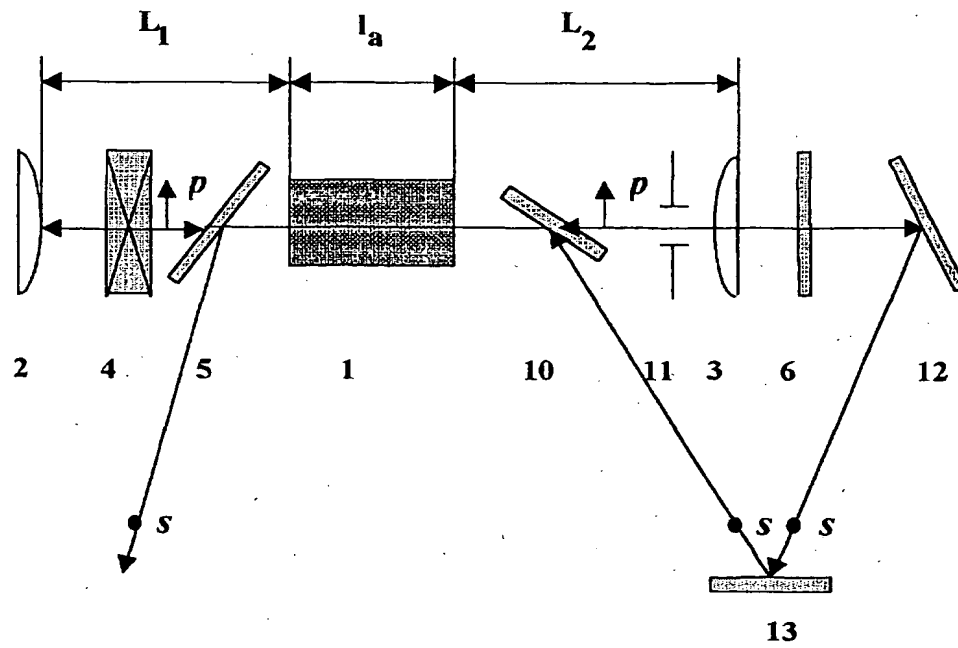
---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



**Abb. 1. Breitstrahl-Oszillator-Verstärker mit  
phasenkonjugierter Rückkopplung**



**Abb. 2. Breitstrahl-Oszillator-Verstärker mit  
Spiegelrückkopplung**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**